

**Elektronischer Hochfrequenz-Schalter und Eichleitung mit  
solchen Hochfrequenz-Schaltern**

Die Erfindung betrifft einen elektronischen Hochfrequenz-  
5 Schalter mit einem Feldeffekttransistor als Schaltelement  
laut Oberbegriff des Hautanspruches.

Elektronische Hochfrequenz-Schalter dieser Art, beispielsweise mit einem Gallium-Arsenid-  
10 Feldeffekttransistor als Schaltelement, sind aus modernen Meßgeräten nicht mehr wegzudenken. Sie werden sowohl als einzelne Ein-Aus-bzw. Um-Schalter oder zu mehreren kombiniert beispielsweise in sogenannten Eichleitungen eingesetzt. Idealerweise sollen solche  
15 Hochfrequenzschalter hochliniar sein, um möglichst geringe Intermodulationsprodukte zu erzeugen. Nur so können z. B. Signalgeneratoren mit nachgeschalteten Eichleitungen mit gutem ACLR-Werten gebaut werden. Hohe Liniarität setzt jedoch voraus, daß die zum Schalten des Transistors  
20 benutzte Gate-Gleichspannung einen relativ großen Wert besitzt. Je größer die Gate-Schaltspannung ist, umso langsamer wird jedoch das Schaltverhalten des Hochfrequenzschalter.

25 Eine elektronische Eichleitung mit Feldeffekttransistoren ist beispielsweise in der DE 100 63 999 A1 beschrieben.

Es ist Aufgabe der Erfindung, einen elektronischen Hochfrequenz-Schalter und eine Eichleitung mit solchen Hochfrequenz-Schaltern zu schaffen, dessen Eigenschaften bezüglich Liniarität und Schaltgeschwindigkeit vom Benutzer für den gerade gegebenen Anwendungsfall jeweils optimal wählbar sind.

35 Diese Aufgabe wird ausgehend vom einem elektronischen Hochfrequenzschalter laut Oberbegriff des Anspruches 1 durch dessen kennzeichnende Merkmale gelöst. Die Aufgabe wird bezüglich der Eichleitung durch die Merkmale des Anspruches 3 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen

insbesondere auch bezüglich seiner Anwendung in einer Eichleitung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Ein erfindungsgemäßer Hochfrequenz-Schalter kann vom Benutzer jederzeit mit den jeweils gerade gewünschten optimalen Eigenschaften bezüglich Linearität oder Schaltgeschwindigkeit betrieben werden. Durch eine einfache zusätzliche Umschalteinrichtung kann die Größe der Gate-Gleichspannung für den Feldeffekttransistor vom Benutzer so gewählt werden, daß der Hochfrequenzschalter entweder hohe Linearität oder hohe Schaltgeschwindigkeit besitzt. Hohe Linearität wird für einen bestimmten GaAs-Feldeffekttransistortyp beispielsweise mit einer relativ hohen Gate-Gleichspannung von -8V erreicht. Wenn die Gate-Gleichspannung auf beispielsweise -5,5V zurückgeschaltet wird, kann die Schaltzeit auf gut das zehnfache beschleunigt werden, wobei allerdings dann die Linearität verschlechtert wird.

Durch die Umschaltung und Änderung der Gate-Schaltspannung verändern sich neben der Linearität und der Schaltgeschwindigkeit auch noch andere Hochfrequenzeigenschaften des Schalters, wenn auch nicht so drastisch wie die Linearität und die Schaltgeschwindigkeit. Es kann daher von Vorteil sein, diese durch die unterschiedliche Wahl der Gate-Schaltspannung auftretenden Änderungen anderer Hochfrequenzeigenschaften des Schalters wie Transmission oder Reflexion durch entsprechende Korrekturwerte zu kompensieren, wie dies Gegenstand der Unteransprüche ist.

Änderungen der Transmission, beispielsweise der Einfügungsdämpfung bei einer Eichleitung, in Abhängigkeit von der Frequenz können entweder durch entsprechende zusätzliche Eingriffe in die Schaltung selbst oder durch entsprechende Beeinflussung der den Schalter steuernden Software kompensiert werden, Änderungen der Reflexion durch entsprechende Eingriffe in die Schaltung, beispielsweise durch Zuschalten von zusätzlichen

Bauelementen wie Kondensatoren oder dergleichen synchron mit dem Umschalten der Gate-Schaltspannung.

Bei einer Eichleitung, bei welcher durch eine Vielzahl von 5 elektronischen Hochfrequenz-Schaltern jeweils Dämpfungsglieder parallel oder in Serie zu- bzw. abgeschaltet bzw. überbrückt werden, kann es von Vorteil sein, nur einen Teil der eingesetzten Hochfrequenz-Schalter jeweils im gleichen Sinne für Linearität bzw. 10 Schaltgeschwindigkeit anzusteueren. Für den durchgehenden Leitungszweig einer Eichleitung kann es z. B. vorteilhaft sein, die dort vorgesehenen Hochfrequenz-Schalter bezüglich Linearität optimal zu wählen (relativ hohe Gate-Schaltspannung) während die parallel dazu liegenden 15 Nebenzweige bezüglich Schaltgeschwindigkeit optimiert werden (relativ niedrige Gate-Schaltspannung).

Die Gate-Schaltspannung kann je nach Anwendungsfall auch zwischen drei oder mehr beliebig fein abgestuften Werten 20 betragmäßig umschaltbar sein. Auch eine kontinuierliche Änderung zwischen einem maximalen und minimalen Gate-Spannungswert ist denkbar.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand schematischer 25 Zeichnungen an Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Fig. 1 zeigt das Prinzipschaltbild eines erfindungsgemäßen HF-Schalters,

30 Fig. 2 zeigt dessen Anwendung in einer Eichleitung und

Fig. 3 zeigt den Frequenzgang der Einfügungsdämpfung dieser Eichleitung.

35 Fig. 1 zeigt einen elektronischen Hochfrequenzschalter mit einem Feldeffekttransistor T, der beispielsweise in GaAs-Technik ausgebildet ist und dessen Source-Drain-Strecke als Schaltelement zwischen einer Hochfrequenzquelle G und einem Verbraucher L geschaltet ist. Der Transistor T wird

über seine Gate-Spannung  $U$  ein- und ausgeschaltet. Je nach Transistortyp wird beispielsweise bei einer Gate-Spannung 0V (in der Praxis meist -0,6V) der Transistor leitend und schaltet somit das Signal der Hochfrequenzquelle  $G$  an den Verbraucher  $L$ . Durch Anlegen einer negativen Gate-Spannung  $U$  von beispielsweise -8V an das Gate des Transistors wird dieser gesperrt und die Quelle  $G$  daher vom Verbraucher abgeschaltet.

10 Gemäß der Erfindung ist die Größe der Gate-Schaltspannung  $U$  über einen Umschalter  $S$  wählbar und zwar im gezeigten Ausführungsbeispiel für den hier beispielhaft benutzten Transistortyp aus zwei getrennten Spannungsquellen  $U_1$  und  $U_2$ . Die eine schaltbare Spannungsquelle  $U_1$  liefert, 15 gesteuert über die Schaltersteuerung  $A$ , entweder 0V für den Ein-Schaltzustand oder -8V für den Aus-Schaltzustand, die zweite schaltbare Spannungsquelle  $U_2$  entweder 0V für den Ein-Schaltzustand oder -5,5V für den Aus-Schaltzustand. Der Benutzer eines Meßgerätes, in welchem 20 dieser Hochfrequenz-Schalttransistor  $T$  eingebaut ist, kann also über den Umschalter  $S$  wählen, ob für den momentanen Meßvorgang der Hochfrequenz-Schalter hohe Linearität (große Gate-Spannung von beispielsweise -8V) oder eine hohe Schaltgeschwindigkeit (kleine Gate-Spannung von 25 beispielsweise -5,5V) gewünscht wird.

Fig. 2 zeigt die Anwendung von derartigen elektronischen Hochfrequenz-Schaltern in einer Eichleitung  $E$ , in welcher eine Vielzahl solcher Hochfrequenz-Schalter jeweils zum 30 Parallelschalten und/oder Serienschalten von Dämpfungsgliedern zwischen Eingang und Ausgang der Eichleitung benutzt werden. Solche Eichleitungen sind als solches bekannt. Die Gate-Spannung für die einzelnen Schalttransistoren  $T$  wird entweder aus einer gemeinsamen 35 Steuerspannungsquelle  $U_3$  abgeleitet oder für die einzelnen Schalttransistoren sind jeweils gesonderte Gatespannungsquellen in der Eichleitung vorgesehen, wie dies in Fig. 2 durch die Spannungsquellen  $U_4$  schematisch angedeutet ist. In beiden Fällen sind diese Gate-

Spannungsquellen wieder im Sinne der Fig. 1 zwischen mindestens zwei unterschiedlichen Werten umschaltbar, um so wieder entweder optimale Linearität oder optimale Schaltgeschwindigkeit zu wählen.

5

Die Größe der Gate-Schaltspannung beeinflußt nicht nur die Linearität und die Schaltgeschwindigkeit sondern auch noch andere Hochfrequenzeigenschaften des Schalters, beispielsweise die Transmission oder Reflexion. Gemäß 10 einer Weiterbildung der Erfindung hat es sich daher als vorteilhaft erwiesen, die Umschalteinrichtung S für die Gate-Spannung mit einer entsprechenden Korrekturereinrichtung K zu koppeln, in welcher Korrekturwerte zur Kompensation dieser übrigen 15 Hochfrequenz-Eigenschaften des Hochfrequenz-Schalters gespeichert sind und die je nach Schaltstellung der Umschalteinrichtung S aus der Korrekturereinrichtung K ausgelesen und zur zusätzlichen Korrektur des Hochfrequenz-Schalters benutzt werden.

20

Bei Eichleitungen ist es bekannt, zur Korrektur der über die benutzten Hochfrequenz-Schalter erzeugten frequenzabhängigen Einfügungsdämpfung vor der eigentlichen Eichleitung ein zusätzliches umschaltbares Dämpfungsglied 25 D zwischenzuschalten, das über eine Korrekturereinrichtung K in Abhängigkeit von der am Generator G eingestellten Frequenz f steuerbar ist. Die durch die benutzten Hochfrequenz-Schalter in der Eichleitung E erzeugte Einfügungsdämpfung besitzt beispielsweise den in Fig. 3 30 dargestellten Verlauf, d. h. mit steigender Frequenz wird die Einfügungsdämpfung größer. Bei der bekannten Einrichtung wird daher das Dämpfungsglied D mit steigender Frequenz auf kleinere Werte zurückgeschaltet, so daß am Ausgang der Eichleitung dieser Frequenzgang entsprechen 35 kompensiert ist. Die zugehörigen Korrekturwerte sind in der Korrekturereinrichtung K gespeichert.

Das Dämpfungsglied D könnte auch ein stetig elektronisch veränderbares Dämpfungsglied sein, das seinerseits Teil

einer Regelschleife ist. Den Korrekturwert könnte man dann der Referenzspannung überlagern.

Gemäß der Weiterbildung der Erfindung ist die

5 Umschalteinrichtung S der umschaltbaren Gate-Schaltspannung U3 bzw. U4 zusätzlich mit dieser Korrektureinrichtung K verknüpft und in der Korrektureinrichtung K sind für jede wählbare Gate-Schaltspannung entsprechend unterschiedliche

10 Korrekturwerte in Abhängigkeit von der Frequenz gespeichert, so daß beispielsweise bei Wahl der Gate-Schaltspannung -8V ein flacherer Kennlinienverlauf gemäß Fig. 3 als Korrekturwert abgespeichert ist als für -5,5V.

15 In vergleichbarer Weise können durch entsprechenden Eingriff in die Schaltung des Hochfrequenz-Schalters bzw. der Eichleitung die Transmissions- bzw. Reflexions-Eigenschaften des Schalters in Abhängigkeit von der jeweils gewählten Gate-Schaltspannung korrigiert werden.

20 Anstelle eines einstellbaren Dämpfungsgliedes könnte auch ein einstellbarer Verstärker für eine Transmissions-Korrektur benutzt werden.

Die Erfindung ist nicht auf das dargestellte

25 Ausführungsbeispiel beschränkt. Sämtliche beschriebenen Merkmale sind beliebig miteinander kombinierbar.

5

**Ansprüche**

1. Elektronischer Hochfrequenz-Schalter mit einem Feldeffekttransistor (T) als Schaltelement, dessen Schaltzustand über die Gate-Spannung (U) gesteuert ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Größe der Gate-Spannung (U) je nach gewünschter Linearität oder Schaltgeschwindigkeit zwischen mindestens zwei Werten (-5,5V bzw. -8V) umschaltbar ist.
- 15 2. Hochfrequenz-Schalter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Umschalteinrichtung (S) für die Gate-Spannung (U) mit einer Korrektureinrichtung (K) gekoppelt ist, in welcher für die unterschiedlichen Gate-Spannungswerte entsprechend unterschiedliche Korrekturwerte für zusätzliche Hochfrequenzeigenschaften (Transmission oder Reflexion) des Hochfrequenz-Schalters gespeichert sind, die je nach gewählter Gate-Spannung zur Korrektur dieser zusätzlichen Hochfrequenzeigenschaften des Hochfrequenz-Schalters benutzt werden.
- 30 3. Eichleitung mit mehreren elektronischen Hochfrequenz-Schaltern nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Größe der Gate-Spannung (U) von mindestens einigen der Hochfrequenz-Schalter zwischen mindestens zwei Werten umschaltbar ist.
- 35 4. Eichleitung nach Anspruch 3 mit einem vorgeschalteten umschaltbaren Dämpfungsglied (D), das über eine Korrektureinrichtung (K) steuerbar ist, in welcher in Abhängigkeit von der Frequenz (f) des der Eichleitung (E) zugeführten Hochfrequenzsignals Korrekturwerte zur

Kompensation der frequenzabhängigen Einfügungsdämpfung der elektronischen Hochfrequenz-Schalter gespeichert sind,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß in der Korrektureinrichtung (K) für die  
5 unterschiedlichen Gatespannungswerte der Hochfrequenz-  
Schalter entsprechend unterschiedliche Frequenzgang-  
Korrekturwerte gespeichert sind und  
daß die Umschalteinrichtung (S) für die Gate-Spannung mit  
dieser Korrektureinrichtung (K) so gekoppelt ist, daß je  
10 nach gewählter Größe der Gate-Spannung jeweils die  
zugehörigen Frequenzgang-Korrekturwerte zur Steuerung des  
vorgeschalteten Dämpfungsgliedes (D) benutzt werden.

Fig. 1

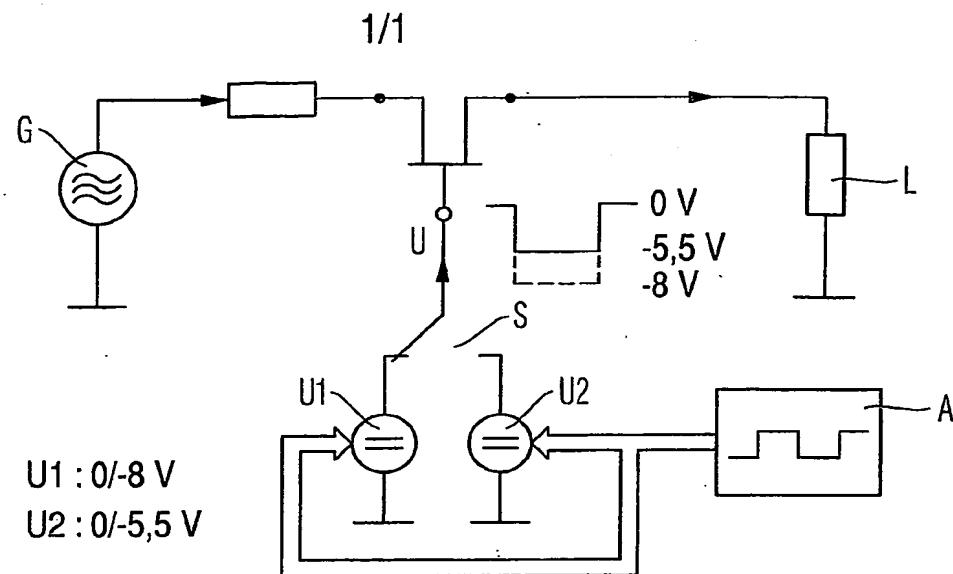


Fig. 2

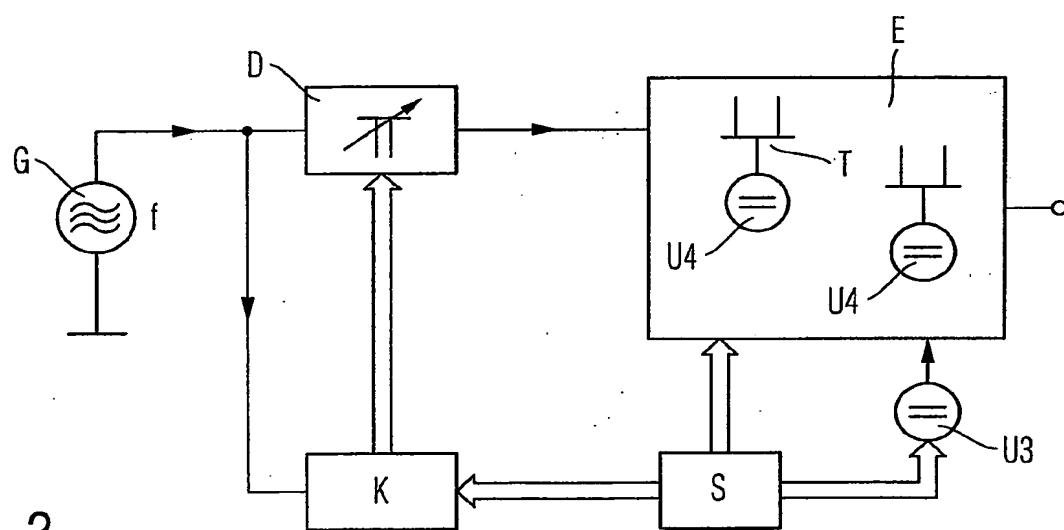


Fig. 3

